

## Spinning of a solution of cellulose, water and tertiary amine oxide uses spinning capillaries heated above solution temperature at exit

**Patent number:** DE10019660

**Publication date:** 2000-10-26

**Inventor:** ZIKELI STEFAN (AT); ECKER FRIEDRICH (AT)

**Applicant:** LURGI ZIMMER AG (DE)

**Classification:**

- **International:** D01D5/06; D01D4/02; D01D10/02; D01D5/24; C08J5/18; D01F1/02

- **European:** D01D4/00; D01D5/06; D01F2/00

**Application number:** DE20001019660 20000420

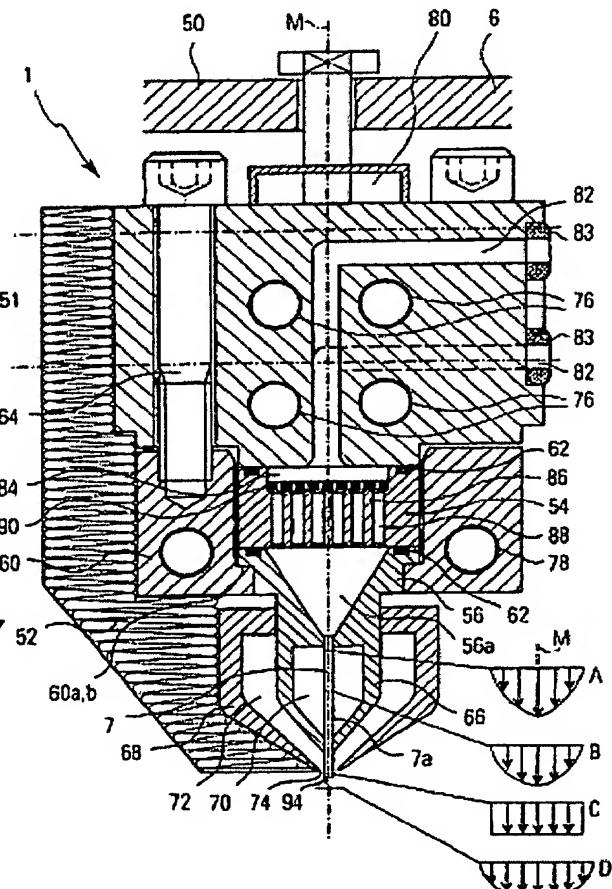
**Priority number(s):** DE20001019660 20000420

**Also published as:**

WO0181663 (A1)  
WO0181663 (A1)  
US2003155673 (A1)  
CA2406765 (A1)  
EP1276922 (B1)

### Abstract of DE10019660

The invention relates to a spinning head (8) for spinning a spinning solution, having a tubular, thin walled spinning capillary (7) with an outlet (94). A mixture consisting of, for instance, cellulose, tertiary amine oxide and water is used as spinning solution. In order to reduce the tendency to fibrillation of the fibers spun by the spinning head and to enhance loop efficiency, the spinning capillary (7) is directly heated in the vicinity of the cross section of the outlet (94). By implementing this simple measure, tendency to fibrillation can be reduced and loop efficiency can be increased.



**BEST AVAILABLE COPY**

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 19 660 A 1**

**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

②1 Aktenzeichen: 100 19 660.8  
②2 Anmeldetag: 20. 4. 2000  
④3 Offenlegungstag: 26. 10. 2000

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**D 01 D 5/06**

D 01 D 4/02  
D 01 D 10/02  
D 01 D 5/24  
C 08 J 5/18  
D 01 F 1/02

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦ Anmelder:  
Lurgi Zimmer AG, 60388 Frankfurt, DE

74 Vertreter:  
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwahnhäusser,  
80538 München

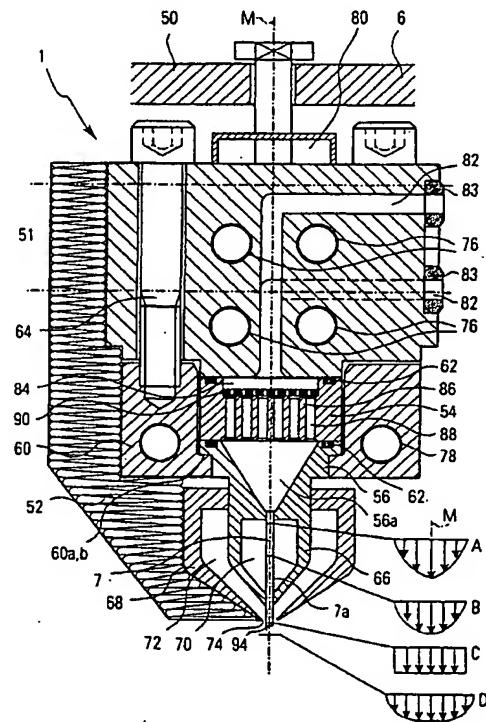
72 Erfinder:  
Zikeli, Stefan, Ing., Regau, AT; Ecker, Friedrich, Ing.,  
Timelkam, AT

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## 54 Verfahren zum Verspinnen einer Spinnlösung und Spinnkopf

57 Die Erfindung betrifft einen Spinnkopf (8) zum Verspinnen einer Spinnlösung, der eine rohrartige, dünnwandige Spinnkapillare (7) mit einer Austrittsöffnung (94) aufweist. Als Spinnlösung dient beispielsweise eine Mischung aus Cellulose, tertiärem Aminoxid und Wasser. Um die Fibrillierungsneigung der durch den Spinnkopf versponnenen Fasern zu senken und die Schlingenfestigkeit zu erhöhen, ist erfahrungsgemäß vorgesehen, daß die Spinnkapillare (7) nahe des Austrittsquerschnittes (94) direkt beheizt wird. Durch diese einfache Maßnahme kann die Fibrillierungsneigung verringert und die Schlingenfestigkeit erhöht werden.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verspinnen einer Spinnlösung bestehend aus tertiärem Aminoxid, Wasser und Cellulose, bei dem die Spinnlösung aus einem Spinnlösungsbehälter kontinuierlich oder diskontinuierlich einem Spinnkopf zugeführt und im Spinnkopf durch mindestens eine Spinnkapillare geleitet wird, die an ihrem stromab gelegenen Ende mit einer Spinnlösungsaustrittsöffnung versehen ist und aus der die Spinnlösung aus dem Spinnkopf austritt.

Die Erfindung betrifft außerdem einen Spinnkopf zum Verspinnen einer durch den Spinnkopf strömenden Spinnlösung mit tertiärem Aminoxid, mit mindestens einer Spinnkapillare, die an ihrem stromab gelegenen Ende eine Spinnlösungsaustrittsöffnung aufweist, wobei die Spinnlösung durch die Spinnlösungsaustrittsöffnung aus dem Spinnkopf geleitet ist, und mit einer Heizvorrichtung, die auf die Spinnlösung einwirkt.

Dabei ist unter mindestens einer Spinnkapillare der letzte Abschnitt des Spinnkopfes zu verstehen, durch den die Spinnlösung strömt und der die Spinnlösungsaustrittsöffnung ausbildet. Durch die Spinnkapillare wird der versponnene Faden gebildet.

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind beispielsweise aus der WO 99/47733 bekannt. Dort ist ein Spinnkopf beschrieben, der eine Vorkapillare (in der Druckschrift als Kapillare bezeichnet) und eine sich in Strömungsrichtung der Spinnlösung an die Vorkapillare anschließende Spinnkapillare (in der Druckschrift als Mündung bezeichnet) aufweist. Die Vorkapillare und die Spinnkapillare sind aus einem zweiteiligen Metallblock gefertigt. Der Durchmesser der Vorkapillare beträgt dabei das 1,2- bis 2,5-fache des Durchmessers der Spinnkapillare.

Im Bereich der Vorkapillare sind im Spinnkopf der WO 99/47733 Öffnungen vorgesehen, die zur Aufnahme einer Heizvorrichtung dienen. Durch die Heizvorrichtung wird der Metallblock des Spinnkopfes im Bereich der Vorkapillare aufgeheizt.

Der Spinnblock der WO 99/47733 ist von einer Gaskammer umgeben, in der ein beheiztes Gas enthalten ist, das im Wesentlichen parallel zu der aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung austretenden Spinnlösung aus dem Spinnkopf strömt und die Spinnlösung beim Austritt umhüllt.

Die Betriebstemperatur des Spinnkopfes im Bereich der Vorkapillare und der Spinnkapillare beträgt zwischen 70°C und 140°C. Die Temperatur des ausströmenden Gases beträgt, vorzugsweise 70°C, sie liegt also unter der Temperatur des Spinnkopfes.

Der Nachteil des Spinnkopfs nach WO 99/47733 besteht darin, dass durch die Konstruktion des darin beschriebenen Spinnkopfs sich nur geringe Lochdichten realisieren lassen. Ein zusätzlicher Nachteil besteht darin, dass eine Einflussnahme auf die Temperatur nur im Bereich der Vorkapillare möglich ist. Bedingt durch die hohen Cellulosekonzentrationen beim Verspinnen von NMMO/Wasser/Celluloselösungen und der starken Strukturviskosität ist eine Einflussnahme auf die Spinntemperatur erforderlich. Außerdem muss auf eine gute Gleichmäßigkeit der Temperaturführung geachtet werden, was bei der in der WO 99/47733 beschriebenen Spinndüse bzw. bei dem Heizsystem nicht der Fall ist.

Angesichts der WO 99/47733 stellt sich also die Aufgabe, die gattungsgemäßen Spinnköpfe so zu verbessern, dass die versponnenen Fasern eine geringere Fibrillierungsneigung und eine hohe Schlingenfestigkeit aufweisen.

Die Fibrillierungsneigung wird durch einen sogenannten "Schütteltest" bestimmt. Der Schütteltest ist in der Zeitschrift "Chemiefaser Textilindustrie" 43/95 (1993), S. 879

ff. und in der WO 96/07779 beschrieben.

Die Fasern werden dabei in normierter Länge in Wasser unter Anwesenheit von Glasperlen über einen bestimmten Zeitraum geschüttelt. Der Fibrillierungsgrad der Faser wird

5 durch Betrachtung unter dem Mikroskop festgelegt: Wird unter dem Mikroskop eine große Menge abgespaltener Fibrillen festgestellt, so gibt das einen hohen und damit schlechten Fibrillierungswert.

Diese Aufgabe wird für das eingangs genannte Verfahren erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Wand der Spinnkapillare nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung zumindest abschnittsweise auf eine Temperatur beheizt wird, die größer als die Kerntemperatur der Spinnlösung in der Spinnkapillare ist.

10 Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass durch die Einflussnahme auf das Temperaturprofil der Lösung während der Extrusion durch die Spinnkapillaren sich bedingt durch das günstig ausgestaltete Fließverhalten eine weitgehendst fibrillierungsfreie Cellulosefaser mit guten Faserkennwerten wie z. B. guten Schlingenfestigkeiten herstellen lässt.

15 Für den eingangs genannten Spinnkopf wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass im Betrieb des Spinnkopfes die Wandtemperatur der Spinnkapillare in einem Bereich nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung größer ist als die Kerntemperatur der Spinnlösung.

20 Durch diese einfache Maßnahme können cellulosische Fasern mit einer geringeren Fibrillierungsneigung und einer höheren Schlingenfestigkeit als im Stand der Technik hergestellt werden.

25 Beim Spinnkopf aus dem nächstliegenden Stand der Technik, der WO 99/47733, wird zwar das Vorkapillar beheizt, aber nicht die Spinnkapillare, die sich bis zur Spinnlösungsaustrittsöffnung erstreckt. Die Vorkapillare weist einen größeren Durchmesser auf als die Kapillare. Durch den Querschnittssprung von der Vorkapillare zur Kapillare wird die in der Vorkapillare aufgebaute Temperaturverteilung in der Spinnlösung gestört, so dass sich über die geringe Länge der Kapillare eine für das Verspinnen der Spinnlösung günstige Temperaturverteilung nicht mehr aufbauen kann.

30 Außerdem ist es bei der Vorrichtung der WO 99/47733 nicht möglich, die Kapillarwand auf eine Temperatur aufzuheizen, die größer als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist. Aufgrund der großen Lauflänge der Vorkapillare und der

35 geringen Strömungsgeschwindigkeit der Spinnlösung in der Vorkapillare heizt sich die Spinnlösung in der Vorkapillare auf die Temperatur der Vorkapillarwand auf. Aus zwei Gründen ist die Wandtemperatur der Kapillare bei der WO 99/47733 geringer als die Temperatur der Spinnlösung:

40 Zum einen strömt beim Spinnkopf der WO 99/47733 das Gas aus der Gaskammer durch den Ringspalt entlang der Außenwand der Kapillare. Die Temperatur dieses Gases liegt unterhalb der Temperatur der Spinnlösung. Somit wird bei der Vorrichtung der WO 99/47733 der Bereich der Kapillare nahe der Austrittsöffnung durch das Gas tatsächlich unter die Kerntemperatur der Spinnlösung gekühlt.

45 Zum anderen wird durch die Heizvorrichtung beim Spinnkopf der WO 99/47733 die Wand der Kapillare nahe der Austrittsöffnung nur indirekt beheizt: Die Heizvorrichtung ist nahe der Vorkapillare angeordnet und wirkt in erster Linie nur auf die Vorkapillare ein. Die stromab gelegene Kapillare wird nur indirekt über die Erwärmung des Kapillarblocks aufgeheizt. Die Wandtemperatur der Kapillare nahe

50 der Austrittsöffnung ist somit beim Spinnkopf der WO 99/47733 stets kleiner als die Temperatur des Vorkapillars.

55 In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann die Wand der Spinnkapillare durch eine Heizvor-

richtung direkt beheizt werden. Bei einer direkten Beheizung wirkt die Heizvorrichtung direkt auf die Spinnkapillarwand ein. Dies ist bei einem herkömmlichen Spinnkopf wie dem der WO 99/47733 nicht der Fall. Dort wird die Wand der Spinnkapillare indirekt über die große Masse des Spinnblockes beheizt. Eine direkte Beheizung der Spinnkapillarwand hat dem gegenüber den Vorteil, dass die Temperatur der Wand genauer und mit einem schnelleren Ansprechverhalten gesteuert werden kann, da keine großen tragen Massen vorhanden sind, die nur langsam auf Temperaturänderungen reagieren können.

Zur genauen Einstellung der Wandtemperatur der Spinnkapillare und zur exakten Prozeßführung kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung eine Temperatursteuereinrichtung vorgesehen sein, durch welche die Wandtemperatur der Spinnkapillare auf einen einstellbaren Wert geregelt wird. Durch eine derartige Temperatursteuereinrichtung ist es möglich, die Wandtemperatur automatisch an Änderungen im Spinnprozess, beispielsweise an unterschiedliche Spinnlösungen oder Spinnkopfgeometrien, anzupassen.

Die Wandtemperatur der Spinnkapillare kann in einer Ausgestaltung in Abhängigkeit vom Massendurchsatz der Spinnlösung durch die Spinnkapillare geregelt werden. Durch den Massendurchsatz erhöht sich der Wärmetransport von der Kapillarwand, sodass die Beheizung der Kapillarwand entsprechend angepasst werden muss. Hierbei ist es von Vorteil, wenn durch die Regelung der Wandtemperatur Schwankungen im Massendurchsatz durch die Spinnkapillare ausgeglichen werden können.

Auch kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung die Wandtemperatur der Spinnkapillare in Abhängigkeit vom Spindruck in der Spinnlösung, vorzugsweise vom Spindruck der Spinnlösung in der Kapillare, geregelt werden. Die Strömungsgeschwindigkeit und damit der Wärmetransport in der Spinnlösung hängt auch vom Spindruck und damit der Strömungsgeschwindigkeit in der Spinnlösung ab: Mit steigendem Spindruck erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit der Spinnlösung durch die Spinnkapillare. Auch hier ist es von Vorteil, wenn durch die Regelung der Wandtemperatur der Spinnkapillare Schwankungen im Spindruck ausgeglichen werden.

Die Fibrillierungsneigung lässt sich insbesondere dann verringern, wenn in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung die Beheizung der Spinnkapillarwand im Betrieb ein vorbestimmtes Temperaturprofil über den Strömungsquerschnitt der Spinnkapillare erzeugt. Durch dieses Temperaturprofil wird aufgrund der temperaturabhängigen Viskosität der Spinnlösung, das Geschwindigkeitsprofil der Spinnlösung in der Spinnkapillare gezielt beeinflusst. Insbesondere durch eine starke Beheizung der Kapillarwand ist es möglich, die Viskosität der Spinnlösung im Wandbereich wesentlich zu verringern. Die Beheizung führt zu einer verringerten Wandreibung in der Spinnlösung und zu einem volleren Strömungsprofil in der Kapillare: Die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit über den Strömungsquerschnitt weist nicht mehr das stark gekrümmte Profil einer Rohrströmung auf, sondern besitzt ein breites Maximum, dass sich nahezu konstant bis zu der Wand der Spinnkapillare hin erstreckt. Somit lässt sich die Fibrillierungsneigung durch die Beeinflussung des Strömungsprofils über die Wandtemperatur verbessern.

Dieser Effekt der Wandtemperatur auf das Strömungsprofil der Spinnlösung in der Spinnkapillare lässt sich in einer vorteilhaften Ausgestaltung nochmals erhöhen, wenn auch in Strömungsrichtung der Spinnlösung die Beheizung der Spinnkapillarwand im Betrieb ein vorbestimmtes Temperaturprofil der Spinnkapillarwand eingestellt werden kann. Bei dieser Ausgestaltung wird durch eine gezielte Verände-

rung der Temperaturverteilung in Strömungsrichtung das Geschwindigkeitsprofil in der Spinnkapillare beeinflusst. Die Ausbildung eines Rohrströmungsprofils wird zuverlässig vermieden und das Strömungsprofil kann durch Anpassung der Temperaturverteilung in Strömungsrichtung nochmals optimiert werden.

Hierzu können in Strömungsrichtung mehrere unabhängig arbeitende Heizvorrichtungen an der Spinnkapillare vorgesehen sein.

- 10 Eine besonders gleichmäßige Aufheizung der Spinnkapillarwand kann erreicht werden, wenn die Wand der Spinnkapillare außen von einem beheizten Heizfluid umspült wird. Im Gegensatz zu einer Elektroheizung – wie sie beispielsweise in der WO 99/47733 beschrieben ist – ergeben sich bei einer Fluidheizung keine abrupten Änderungen in der räumlichen Temperaturverteilung. Außerdem kann lokal eine Überheizung vermieden werden. Die Temperatur des Heizfluids beträgt mindestens 100°C, vorzugsweise um 150°C. Die Temperatur des Heizfluids kann vorteilhaft auch zwischen 50°C, 80°C oder 100°C und 150°C oder 180°C betragen. Aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten in der Endkapillare des Spinnkopfes kann die Wandtemperatur der Spinnkapillare sogar größer als die Zersetzungstemperatur der Spinnlösung sein. Die Verweildauer der Spinnlösung in der Spinnkapillare reicht nicht aus, um die Spinnlösung auf Zersetzungstemperatur zu bringen.

In einer weiteren Ausgestaltung kann zumindest ein Temperatursensor zur Erfassung der Kapillarwandtemperatur und/oder der Spinnlösungstemperatur im Kapillarwandbereich vorgesehen sein. Durch den Temperatursensor ist ein elektrisches Signal ausgebbar, das repräsentativ für die Kapillarwandtemperatur ist. Mit Hilfe eines solchen Sensors lässt sich die Temperatur der Kapillarwand jederzeit direkt oder indirekt bestimmen. Das Signal kann einer Steuervorrichtung zugeführt werden, durch welche die Wandtemperatur regelbar ist. Dazu verändert die Temperatursteuervorrichtung die Temperatur des Heizfluids entsprechend.

- 30 Bei Verwendung eines Heizfluids kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung zumindest ein Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des Heizfluids vorgesehen sein, durch den die Temperatur des Heizfluids in Form eines elektrischen Signals an die Steuervorrichtung ausgebbar ist. Bei dieser Ausgestaltung kann die Wandtemperatur der Spinnkapillare über die Erfassung der Heizfluidtemperatur bestimmt und gesteuert werden.

Für den Spinnkopf kann es insbesondere vorteilhaft sein, wenn sich der durch die Heizvorrichtung beheizte Bereich der Spinnkapillarwand, dessen Temperatur höher als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist, im Wesentlichen bis an die Spinnlösungsaustrittsöffnung erstreckt. Die Spinnlösungsaustrittsöffnung ist eine besonders kritische Stelle, an der eine hohe Wandtemperatur besonders positive Auswirkungen auf die Fibrillierungsneigung aufweist. Insbesondere hat sich gezeigt, dass bei Beheizung der Austrittsöffnung die Strahlaufweitung unmittelbar nach dem Austritt der Spinnlösung aus der Austrittsöffnung, die sogenannte Strangaufweitung, unterdrückt werden kann. Dies führt zu einer verbesserten Oberflächenstruktur der versponnenen Fasern und somit zu einer nochmals erhöhten Schlingenfestigkeit bzw. einer verringerten Fibrillierungsneigung.

Dabei kann sich in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der durch die Heizvorrichtung beheizte Bereich der Spinnkapillarwand, dessen Temperatur höher als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist, im Wesentlichen über die gesamte Länge der Spinnkapillare erstrecken. Bei dieser Ausgestaltung ist eine vollständige Beheizung der Spinnkapillare möglich, was aufgrund der verringerten Viskosität

der Spinnlösung in Wandnähe und aufgrund der Lauflänge in der Spinnkapillare zur vollständigen Ausbildung eines vollen Geschwindigkeitsprofils über den Querschnitt der Spinnkapillare führt.

Um die Wandtemperatur und damit die Temperatur der wandnahen Spinnlösung schnell und gezielt steuern zu können, sollte die Temperatur der Spinnkapillarwand durch die Heizvorrichtung schnell einstellbar sein und schnell auf Temperaturänderungen reagieren. Dies kann gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung dadurch erreicht werden, dass die Spinnkapillare als Spinnkapillarrohr in Form einer im Wesentlichen dünnwandigen Röhre ausgebildet ist und dass die Heizvorrichtung direkt auf den Wandbereich der Spinnkapillarröhre nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung einwirkt. Durch die dünnwandige Ausgestaltung der Spinnkapillare reagiert die Wandtemperatur schnell bei einer Änderung der Temperatur der Heizvorrichtung, da kaum träge Masse vorhanden ist. Durch die direkte Einwirkung der Heizvorrichtung auf die dünnwandige Spinnkapillare ist ein zudem schnelles Ansprechverhalten sichergestellt. Die Wandstärke der Spinnkapillarröhre beträgt vorteilhaft weniger als 200 µm, vorzugsweise weniger als 150 µm.

In einer weiteren Ausgestaltung kann die Spinnlösungsaustrittsöffnung der Spinnkapillarröhre zumindest abschnittsweise von einer Spaltöffnung umgeben sein, aus der im Betrieb ein Transportfluid im Wesentlichen in Richtung der aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung austretenden Spinnlösung strömt. Das Transportfluid umhüllt den aus der Austrittsöffnung der Spinnkapillare austretenden Spinnlösungsstrahl und führt zu einem verringerten Geschwindigkeitssprung an der Mantelfläche des Strahls. Dadurch wird der Strahl stabilisiert und die Strömung an der Mantelfläche beruhigt. Dabei kann die Geschwindigkeit des im Betrieb aus der Spaltöffnung austretenden Transportfluids im Wesentlichen der Geschwindigkeit der aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung austretenden Spinnlösung entsprechen.

In einer Ausgestaltung des Spinnkopfes kann die Spinnkapillarröhre nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung von einer mit Heizfluid gefüllten Heizkammer umgeben sein. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Heizkammer mit der Spaltöffnung verbunden ist. Damit kann das Heizfluid durch die Spaltöffnung über den Bereich der Spinnkapillarwand streichen, der sich in der Nähe des Austrittsquerschnittes befindet. Damit kann die Spinnkapillarwand bis zum Austrittsquerschnitt beheizt werden.

Wenn dabei das Heizfluid mit einer entsprechenden Geschwindigkeit aus der Spaltöffnung austritt, so kann es gleichzeitig als Transportfluid dienen. Dadurch erübrigt es sich, ein separates Transportfluid zur Stabilisierung des Spinnlösungsstrahls vorzusehen.

Zur Ausbildung eines stabilen und vollen Strömungsprofils ist eine möglichst große Lauflänge in der Spinnkapillare notwendig. Daher sollte das Verhältnis der Länge der Spinnkapillare zu ihrem Durchmesser möglichst groß sein. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Spinnkapillare kann die Länge der Spinnkapillare mindestens das 20-fache bis 150-fache ihres Durchmessers betragen. Dabei kann die in dieses Verhältnis einfließende Länge die von der Spinnlösung durchströmte Länge und/oder der Durchmesser der Innen-durchmesser der Spinnkapillare sein.

Der Strömungsquerschnitt des Spaltes, durch den das Fluid parallel zur Spinnlösung austritt, kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung durch ein verstellbares Gehäuse, beispielsweise verstellbare Backen, veränderlich sein. Dadurch kann die Geschwindigkeit des aus dem Spalt austretenden Fluids je nach Spinnvorgang und Spinnstrahlgeschwindigkeit und -dicke verändert werden.

Die Spinnkapillare kann auch dadurch direkt beheizt

werde, dass sie mit einem elektrischen Heizelement umgeben ist.

Die Spinnkapillare kann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung als ein Präzisionstahlrohr ausgebildet sein.

5 Sie kann auch eine kreisförmigen Austrittsöffnung aufweisen. Der Durchmesser der Austrittsöffnung kann weniger als 500 µm, vorzugsweise weniger als 250 µm betragen. Für besondere Anwendungen, beispielsweise dem Verspinnen von Spinnmasse zu Lyocell-Fasern, kann der Durchmesser auch

10 kleiner als 100 µm bis 75 µm sein.

Der Spinnkopf kann in eine Spinnanlage mit einem Druckausgleichsbehälter, der eine Spinnlösung mit tertiärem Aminoxid enthält, mit einem Spinnkopf, durch den aus der Spinnlösung ein Spinnfilament gebildet ist, und mit einer Spinnlösungsleitung, durch welche die Spinnlösung zu einem Spinnkopf geleitet ist, eingebaut sein. Diese Spinnanlage führt dann das erfindungsgemäße Verfahren aus.

Die Erfindung betrifft auch das durch das erfindungsgemäße Verfahren durch den erfindungsgemäßen Spinnkopf oder die erfindungsgemäße Spinnanlage hergestellte Produkt, das sich durch die verbesserte Schlingenfestigkeit und die geringere Fibrillierungsneigung auszeichnet und in Form eines Filaments, einer Stapelfaser, eines Spinnvlieses oder einer Folie vorliegen kann.

20 25 Im Folgenden werden der Aufbau und die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens und des erfindungsgemäßen Spinnkopfes anhand von Ausführungsbeispielen erläutert.

Es zeigen:

30 Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Spinnanlage;  
Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Spinnkopfes im Querschnitt;

Fig. 3 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Spinnkopfes im Querschnitt;

35 Fig. 4 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Spinnkopfes im Querschnitt;

Fig. 5 ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Spinnkopfes im Querschnitt.

40 Eine Spinnanlage 1, durch die das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, ist in Fig. 1 schematisch dargestellt.

In einem Spinnlösungsbehälter oder Reaktor 2 ist eine hochviskose Spinnlösung 3 mit einem tertiären Aminoxid, beispielsweise eine Lösung aus Cellulose, Wasser und 45 N-methylmorpholin-N-oxid (NMMO), enthalten.

Die Spinnlösung wird mit einer Pumpe 4 aus dem Spinnlösungsbehälter 2 durch eine Spinnlösungsleitung 4' und einen Druckausgleichsbehälter 5 an einen Verteilerblock 6 gefördert. Mit dem Verteilerblock 6 ist eine Vielzahl 50 von Spinnkapillaren 7 verbunden. Der Verteilerblock 6 und die Spinnkapillare 7 sind Teil eines Spinnkopfs 8.

Der Druckausgleichsbehälter dient dazu, eventuelle Druck- und/oder Volumenstromschwankungen in der Spinnlösungsleitung 4' auszugleichen und eine gleichmäßige Beschickung des Spinnkopfes 8 mit Spinnlösung zu gewährleisten.

60 Aus dem Spinnkopf 8 treten jeweils mit hoher Geschwindigkeit hochviskose Spinnlösungstrahlen 9 aus. Diese Spinnlösungsstrahlen 9 strömen nach dem Austritt aus dem Spinnkopf 8 durch einen Luftspalt 10 oder ein nichtfällendes Mittel. In diesem Schritt wird die Spinnlösung beschleunigt und dadurch verstrekt.

Danach tauchen die Spinnlösungsstrahlen in ein Fäßbad 11 oder in ein Bad aus einem Nichtlösungsmittel oder einer wässrigen Aminoxidlösung ein. Aus dem Fäßbad 11 wird die Spinnlösung in Faserform mittels einer Abziehvorrichtung 12 abgezogen.

65 Im Folgenden wird anhand der Fig. 2 der Aufbau eines er-

sten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Spinnkopfes 8 beschrieben.

Der Spinnkopf 8 ist an einem Gestell 50 befestigt und durch eine Schicht 52 wärmeisolierenden Materials isoliert, sodass keine Wärmeverluste auftreten, wenn der Spinnkopf beheizt wird.

Der Spinnkopf 8 ist modular aus dem Verteilerblock 6, einer im Wesentlichen scheiben- oder plattenförmigen Druckverteilungsplatte 54, einem im Wesentlichen scheiben- oder plattenförmigen Spindüsenkörper 56 mit einem Verteilerraum 56a, mindestens einer Spinnkapillare 7 und einer Haltevorrichtung 60 aufgebaut.

Die Druckverteilungsplatte 54 des Spindüsenkörpers 56 wird durch die Haltevorrichtung 60 am Verteilerblock 6 in Richtung einer Mittenachse M des Spinnkopfes gehalten. Dazu bildet die Haltevorrichtung 60 eine ring- oder schlitzförmige Ausnehmung aus, in der die Druckverteilerplatte 54 und die Düsenhalterung 56 aufgenommen sind. An dem einen Ende der ringförmigen Ausnehmung ist eine Schulter 60a ausgebildet, die in eine entsprechende Ausnehmung 60b des Spindüsenkörpers 56 greift.

Der Spindüsenkörper 56 liegt mit einer seiner Stirnflächen im Wesentlichen vollflächig auf der Druckverteilerplatte 54 auf. In der Stirnfläche des Düsenkörpers 56 ist ein Dichtungselement 62 angebracht, sodass zwischen der Druckverteilungsplatte 54 und des Spindüsenkörpers 56 keine Spinnlösung entweichen kann.

Die Druckverteilerplatte 54 liegt mit ihrer des Spindüsenkörpers 56 abgewandten Stirnfläche im Wesentlichen vollflächig am Verteilerblock 6 an. Auch in dieser Fläche ist ein Dichtelement 62 angebracht, so dass auch zwischen dem Verteilerblock 6 und der Druckverteilerplatte keine Spinnlösung entweichen kann.

Durch eine in die Haltevorrichtung 60 eingreifende Verschraubung 64 wird die Haltevorrichtung 60 in Richtung des Verteilerblockes 6 gezogen. Dadurch übt die Schulter 60a der Haltevorrichtung 60 einen Druck auf die entsprechende Ausnehmung 60b des Düsenkörpers 56 aus. Der Düsenkörper 56 überträgt diesen Druck über die Druckverteilungsplatte 54 zurück an den Verteilerblock 6. Auf diese Weise werden der Düsenkörper 54 und die Düsenhalterung 56 fest und dicht am Verteilerblock 6 gehalten und sind gleichzeitig zu Wartungszwecken oder zum Austausch gegen andere Geometrien durch Lösen der Verschraubung 64 leicht austauschbar.

Die Spinnkapillare 7 ist am Spindüsenkörper 56 befestigt. Die Spinnkapillare ist in Form eines Rohres mit einem kreisringförmigen Querschnitt und einem Innendurchmesser von weniger als 500 µm ausgeführt.

Der Innendurchmesser der Spinnkapillare 7 ist über die gesamte Länge der Spinnkapillare konstant.

Als Rohre für die Spinnkapillare 7 werden Präzisionsstahlrohre aus der Medizintechnik verwendet, deren Innendurchmesser weniger als 500 µm teilweise auch weniger als 250 µm beträgt. Speziell für Lyocell-Fasern können auch Innendurchmesser von weniger als 100 µm bis weniger als 50 µm vorgesehen sein.

Die Spinnkapillare 7 ist dünnwandig ausgebildet und weist eine Wandstärke von höchstens 200 µm auf. Bei der Spinnkapillare beträgt die Länge mindestens das 20-fache, vorzugsweise mindestens das 150-fache des Innendurchmessers. Versuche haben hier ergeben, dass mit steigendem Längen-Innendurchmesser-Verhältnis der Spinnkapillare die Fibrillierneigung des Faserns sinkt.

Üblicherweise ist am Spinnkopf 8 eine Vielzahl von Spinnkapillaren 7 nebeneinander oder in mehreren Reihen versetzt zueinander angeordnet. Wie dies in Fig. 1 dargestellt ist, können mehrere wie vorher beschriebene Spinn-

köpfe in beliebiger Anordnung zu einer wirtschaftlichen Produktionseinheit angeordnet werden. Jeder Düsenkörper 56 beinhaltet mehrere Spinnkapillaren 7 ein- oder mehrreihig, gestreckt oder ringförmig angeordnet.

5 Zur gleichmäßigen Anströmung der Kapillaren 7 ist der Verteilerraum 56a als V-Nut in gestreckter oder ringförmiger, als Einzelnut oder mehrreihige V-Nut ausgeführt. Über dem als V-Nut ausgeführten Verteilerraum 56a befindet sich die Druckverteilungsplatte 54.

10 Die Spinnkapillare 7 ist von einem inneren Gehäuse 66 und einem äußeren Gehäuse 68 umgeben.

Das innere Gehäuse 66 bildet mit der Außenfläche 7a der Spinnkapillare eine nach außen geschlossene Heizkammer 70 aus, die von einem Heizfluid durchströmt wird. Das innere Gehäuse 66 bildet mit dem Düsenkörper 56 eine Einheit. An der Einheit Düsenkörper 56 und inneres Gehäuse 66 schließt ein äußeres Gehäuse 68 an. Dabei ragt die Spinnkapillare 7 etwas über das innere Gehäuse 66 bzw. das äußere Gehäuse 68 hinaus.

15 Das äußere Gehäuse 68 umgibt das innere Gehäuse 66 und bildet mit der Außenfläche des inneren Gehäuses 66 eine weitere Heizkammer 72 aus, die aber im Gegensatz zur Heizkammer 70 nach außen hin geöffnet ist. Dabei bildet die Heizkammer 72 einen Spalt 74, der das entgegengesetzt zum Spinnkopf angeordnete Ende der Spinnkapillare 7 umgibt. Die Heizkammer 72 wird ebenfalls von einem Heizfluid durchströmt, das aus dem Spalt austritt und im Wesentlichen parallel zur Mittenachse M strömt.

20 Um die Geometrie des Spaltes 74 zu ändern, ist das äußere Gehäuse 68 in Richtung der Mittenachse M verschieblich an inneren Gehäuse 66 gehalten.

Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 2 kann für beide Kammern 70, 72 die gleiche Art von Heizfluid verwendet werden. Hierbei handelt es sich um ein gegenüber der Spinnlösung inertes Gas, das auf 150°C z. B. über einen Wärmetauscher (hier nicht dargestellt) aufgeheizt werden kann. Alternativ kann für die Kammern 70, 72 auch ein unterschiedliches Heizfluid verwendet werden. Die Heizkammer 70 bildet die Heizvorrichtung für die Spinnkapillare 7.

25 Der Verteilerblock 6 und die Haltevorrichtung 60 sind als im wesentlichen massive Blöcke mit großer Masse ausgeführt und mit Heizkanälen 76, 78, 80 für Heißwasser, Heißluft, Wärmeträgeröl, Dampf oder optional Heizstäben versehen. Aufgrund ihrer großen Masse und aufgrund der Wärmeisolierung unterliegen die Betriebstemperaturen des Verteilerblocks 6 und der Haltevorrichtung 60 nur geringen Schwankungen.

30 Im Folgenden wird die Funktion des erfindungsgemäßen Spinnblockes beschrieben.

Die Spinnlösung strömt durch den Verteilerblock 6 über eine Zuleitung 82, die über Dichtungen 83 an die Spinnlösungsversorgung angeschlossen ist, in eine Beruhigungskammer 84 mit einer Siebscheibe oder -platte 86 mit Strömungsöffnungen 88. Die Beruhigungskammer 84 und die Siebscheibe 86 werden durch die Druckverteilerplatte 54 gebildet. In Strömungsrichtung vor der Siebscheibe 86 befindet sich eine Filtrationseinheit 90. Die Beruhigungskammer 84, die Siebscheibe 86 und die Filtrationseinheit 90 erstrecken sich über alle Spinnkapillare 7 stattfindet.

35 Durch den gegenüber der Zuleitung 82 stark vergrößerten Strömungsquerschnitt der Beruhigungskammer 84 wird die Strömungsgeschwindigkeit der Spinnlösung verringert und die Strömung vergleichmäßig. Die Spinnlösung strömt weiter durch die Filtrationseinheit 88 und die Öffnungen 90 der Druckverteilerplatte 54, wodurch eine weitere Vergleichmäßigung des Strömungs- und Druckprofils über den Strömungsquerschnitt und eine gleichmäßige Beschickung aller Kapillaren 7 stattfindet.

Aus der Beruhigungskammer 84 strömt die Spinnlösung im Spinnkopf 8 durch die Druckverteilungsplatte 54 in den durch den Spindüsenkörper 56 gebildeten Verteilerraum 56a. Im Verteilerraum 56a verringert sich der Strömungsquerschnitt allmählich in Strömungsrichtung. Dadurch wird die Spinnlösung beschleunigt und gleichzeitig der Strömungsquerschnitt allmählich auf den Strömungsquerschnitt der Spinnkapillare 7 verringert.

An den Verteilerraum 56a schließen sich in Strömungsrichtung der Spinnlösung die Spinnkapillaren 7 an, die in Strömungsrichtung in den Spinnlösungsaustrittsöffnungen 94 enden. Durch die Spinnlösungsaustrittsöffnungen 94 tritt die Spinnlösung mit hoher Geschwindigkeit bzw. einem hohen Massendurchsatz aus dem Spinnkopf aus. Ein typischer Massendurchsatz pro Spinnkapillare beträgt 0,03 bis 0,5 g/min. Höhere Durchsätze bis 1,5 g/min sind bei höheren Beheizungstemperaturen der Spinnkapillaren möglich. Der Druck in der Spinnlösung kann bis zu 400 bar betragen.

Für den Betrieb des Spinnkopfes 8 ist es wichtig, dass die Spinnlösung bei der Durchströmung des Spinnkopfes auf Betriebstemperatur gehalten wird. Dazu sind die oben bereits kurz erwähnten Heizkanäle 76, 78 und 80 im Verteilerblock 6 und in der Haltevorrichtung 60 vorgesehen.

Die Verteilerblockheizkanäle 76 sind in der Nähe der Zuleitung 82 angeordnet und halten die Spinnlösung in der Zuleitung 82 auf Betriebstemperatur. Die Heizkanäle 76 werden von einem Heizfluid, wie heißem Wasser, Wärmeträgeröl oder Dampf durchströmt.

Der Heizkanal 78 ist im Bereich der Haltevorrichtung 60 so weit unten angeordnet, dass er den Verteilerraum 56a bereits vor Eintritt der Spinnmasse in das Kapillar 7 aufheizt. Durch das Heizelement 78 wird ebenfalls von einem Heizfluid wie Heißluft, heißem Wasser, Wärmeträgeröl, Dampf durchströmt.

Optional kann auch ein zweites Verteilerblockheizelement 80 vorgesehen sein, das außen an dem der Spinnlösungsaustrittsöffnung 94 entgegengesetzten Abschnitt des Spinnkopfes 8 angebracht ist. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 dient das Verteilerblockheizelement 80 dazu, den stromauf gelegenen Teil der Zuleitung 82 zu beheizen.

Die Heizkanäle 76, 78, 80 können an einen gemeinsamen Heizkreislauf angeschlossen sein oder separate Heizkreisläufe bilden. Die Heizkreisläufe der Heizkanäle 76, 78, 80 können auch mit der Heizkammer verbunden sein.

Die Fibrillierungsneigung wird beim ersten Ausführungsbeispiel, vgl. Fig. 2, dadurch verringert, dass die Spinnkapillare 7 im Bereich der Austrittsöffnung 94 von außen beheizt wird. Dies wird dadurch erreicht, dass das Heizfluid in der Heizkammer 70 die Außenfläche der Spinnkapillare 7 umströmt und damit die Spinnkapillare 7 direkt beheizt. Durch die dünnwändige Ausbildung der Spinnkapillare 7 und durch die aufgrund ihrer Länge großen Außenfläche findet ein hoher Wärmetransport vom Heizfluid über die Spinnkapillarwand auf die Spinnlösung statt. Um eine möglichst gute Aufheizung der Spinnkapillarwand zu erreichen, soll die Kontaktfläche des Heizfluids mit der Außenwand der Spinnkapillare möglichst groß sein.

Da die Spinnlösung in der Spinnkapillare mit einer hohen Geschwindigkeit strömt, kann die Temperatur des Heizfluids auch gefahrlos über der Zersetzungstemperatur der Spinnlösung liegen: Durch die hohe Geschwindigkeit der Spinnlösung entlang der beheizten Wand reicht die Verweildauer der Spinnlösung in der Kapillare nicht aus, dass die Spinnlösung die Wandtemperatur der Spinnlösung erreicht.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass selbst bei Wandtemperaturen von ca. 150°C Fasern versponnen werden konnten, die eine sehr geringe Fibrillierungsneigung aufweisen. Die Fibrillierungsneigung war sogar geringer

und die Schlingenfestigkeit höher als bei einer Wandtemperatur von 105°C.

Durch die große Länge der Spinnkapillare ist gewährleistet, dass sich die wandnahe Schicht der Spinnlösung erwärmt. Da sich bei den gängigen Spinnlösungen die Viskosität mit steigender Temperatur verringert, wird so die Viskosität der Strömung der Spinnlösung durch die Spinnkapillare 7 im wandnahen Bereich verringert. Über die große, über den gesamten Bereich beheizte Laufänge der Spinnkapillare 7 kann sich somit ein volleres Geschwindigkeitsprofil in der Kernströmung ausbilden.

Die Ausbildung des Geschwindigkeitsprofils entlang der Spinnkapillare 7 ist in Fig. 2 schematisch anhand von vier Geschwindigkeitsprofilen A, B, C und D erläutert. Das Geschwindigkeitsprofil A bildet sich kurz hinter dem Verteilerraum 56a aus und ist durch ein schmales Maximum im Bereich der Kernströmung, in der Nähe der Mittellinie M, gekennzeichnet. Zu den Wänden der Spinnkapillare 7 hin fällt das Geschwindigkeitsprofil A steil ab.

Durch die Beheizung der Spinnkapillarwand verringert sich die Viskosität der Spinnlösung im Wandbereich, das Geschwindigkeitsprofil vergleichmäßigt sich zunehmend und das Geschwindigkeitsmaximum wird breiter. Dies ist schematisch im Geschwindigkeitsprofil B dargestellt.

In der Spinnlösungsaustrittsöffnung 94 ist die Geschwindigkeitsverteilung in der Kernströmung nahezu konstant und fällt steil zu den Wänden hin ab. Dies ist durch das Geschwindigkeitsprofil C gezeigt. Der steile Abfall im Wandbereich ist aufgrund der niedrigen Viskosität und der starken Beheizung der Spinnkapillarwand bis zur Austrittsöffnung 94 möglich.

Das Geschwindigkeitsprofil D zeigt schematisch ein Geschwindigkeitsprofil nach Austritt der Spinnlösung aus der Austrittsöffnung 94. Das inerte Fluid aus der Kammer 72 und die Spinnlösung aus der Austrittsöffnung 94 bilden zusammen einen breiten Strahl.

Erfindungsgemäß wirken also die gegenüber dem Durchmesser der Kapillare große Länge und die direkte Beheizung der Kapillare zusammen und führen zu einem vorteilhaften Geschwindigkeitsprofil. Wichtig ist dabei, dass die Temperatur der Spinnkapillarenwand über der Temperatur des Kerns der Spinnlösungsströmung in der Mitte der Spinnkapillare liegt. Die Temperatur im Kern der Spinnlösungsströmung durch die Kapillare 7 entspricht in etwa der durch die Heizkanäle 76, 78, 80 eingestellten Betriebstemperatur des Verteilerblockes 6 und der Haltevorrichtung 60 mit der darin aufgenommenen Druckverteilerplatte 54 und dem Düsenkörper 56. Bei der Durchströmung der Spinnkapillare bleibt die Kernströmung unbeeinflusst und ändert ihre Temperatur nicht.

Durch die geringe Wandstärke der Kapillare 7 kann zudem die Temperatur der Spinnkapillarwand 7 genau und mit einem schnellen Ansprechverhalten gesteuert werden: Durch die geringe Masse der Spinnkapillarwand reagiert die Wandtemperatur sofort auf Temperaturänderungen in der Heizkammer 70.

Zur gezielten Einstellung der Wandtemperatur und damit der gezielten Strömungsbeeinflussung der Strömung durch die Kapillare 7 kann eine Steuervorrichtung (nicht gezeigt) vorgesehen sein. Die Steuervorrichtung ist mit Sensoren (nicht gezeigt) verbunden, welche die Temperatur der Kapillarwand und/oder des Heizfluids in der Heizkammer 70, die Strömungsgeschwindigkeit der Spinnlösung durch die Kapillare und den Betriebsdruck in der Spinnlösung erfassen. Auf diese Weise kann ein Regelkreis aufgebaut werden, durch den die Temperatur der Wand an sich ändernde Betriebsbedingungen selbstständig oder von außen gesteuert einstellbar ist. Somit können Schwankungen der Betriebspara-

meter ausgeglichen werden, ohne dass die Spinnqualität sich verschlechtert.

Wie Versuche gezeigt haben, kann die Fibrillierungsneigung entscheidend gesenkt werden, wenn die Wand der Spinnkapillare 7 auch im Bereich der Austrittsöffnung 94 beheizt wird.

Hierzu wird beim Ausführungsbeispiel der Fig. 2 das Heizfluid aus der Heizkammer 72 durch den Spalt 74 an der Außenwand der Spinnkapillare 7 vorbei aus dem Spinnkopf 8 geleitet. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Spinnkapillare tatsächlich über ihre ganze Länge beheizt ist und sich das über die Länge der Spinnkapillare 7 ausbildende vollere Strömungsprofil nicht am Ende der Lauflänge aufgrund einer kälteren Wand zu dieser Stelle zurückbilden kann.

Das Fluid strömt mit einer hohen Geschwindigkeit aus dem Spalt 74, die mindestens gleich der Ausströmgeschwindigkeit der Spinnlösung aus der Austrittsöffnung 94 ist. Das Fluid wirkt also auch als Transportfluid, das den Spinnlösungsstrahl mit sich reißt und stabilisiert.

Wenn die Austrittsgeschwindigkeit des Fluids größer als die Geschwindigkeit der Spinnlösung ist, wirkt am Rand des Spinnlösungsstrahls eine Zugbeanspruchung, die den hoch viskosen Strahl rekt.

Wie das Fluid in der Heizkammer 70 kann auch das Fluid in der Heizkammer 72 Teil eines Regelungskreises für die Wandtemperatur der Spinnkapillare 7 sein. Hierzu kann, wie oben beschrieben, eine Vielzahl von Sensoren zur Erfassung der Betriebsparameter der Spinnanlage sowie Sensoren zur Erfassung der Temperatur der Spinnkapillarwand und des Heizfluids vorgesehen sein. Die Signale dieser Sensoren werden einer Temperatursteuereinrichtung zugeführt, durch welche die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer 70 geregelt wird.

Durch die Unterteilung in zwei Heizkammern 70, 72 sind die Temperaturen der beiden Heizfluide dieser Kammern unterschiedlich einstellbar. Es hat sich dabei als günstig erwiesen, wenn die Spinnkapillarwand nahe der Austrittsöffnung 94 auf einer höheren Wandtemperatur gehalten wird als der mittlere Bereich der Spinnkapillare. Durch diese Maßnahme kann die oben beschriebene Strangaufweitung unterdrückt werden.

Durch eine Unterteilung der Kammer 70 in weitere von einander unabhängige Heizkammern kann in einer weiteren Ausgestaltung der Temperaturverlauf entlang der Spinnkapillare, speziell bei großer Kapillarlänge, in Strömungsrichtung der Spinnlösung noch genauer gesteuert werden. Jede dieser Kammern kann mit eigenen Sensoren versehen sein.

Im Folgenden wird unter Bezug auf Fig. 3 der Aufbau des zweiten Ausführungsbeispiels erläutert.

Dabei wird nur auf die Unterschiede zum ersten Ausführungsbeispiel eingegangen. Gleiche Bauteile oder ähnliche Bauteile mit gleicher Funktion wie beim ersten Ausführungsbeispiel sind dabei in Fig. 3 mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Das zweite Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 unterscheidet sich im Wesentlichen durch den Aufbau der Heizkammer 70: Das Ausführungsbeispiel der Fig. 3 weist im Bereich der Spinnkapillare nur eine einzelne Heizkammer 70 auf, die bis zur Austrittsöffnung 94 der einzelnen Spinnkapillare 7 reicht und den Spalt 74 bildet. Jedes Spinnkapillare 7 kann eine eigene Heizkammer 70 aufweisen, es können aber auch mehrere Spinnkapillaren 7 in einer Heizkammer 70 zusammengefasst sein. Eine zweite Kammer 72 und ein zweites Gehäuse 68 sind nicht vorhanden.

Die Heizkammer 70 weist bei der Ausführung nach Fig. 3 ein Rohr 100 in kreisrunder oder ovaler Ausführung auf, das die Außenflächen der Spinnkapillaren umgibt und einen

Ringraum 102 zwischen Spinnkapillare 7 und Gehäuse 66 bildet. Der Ringraum 102 öffnet sich als Ringspalt 74.

Das Heizfluid im Ringraum 102 beheizt die gesamte Außenwand der Spinnkapillare 7 bis zur Austrittsöffnung 94. Das Heizfluid ist somit Teil einer Heizvorrichtung, die direkt auf die Spinnkapillarwand einwirkt und zur gezielten Steuerung der Wandtemperatur verwendet werden kann.

Das Rohr 100 ist aus einem Präzisionsstahlrohr gefertigt.

Das Heizfluid strömt aus dem Ringraum 102 parallel und 10 koaxial zum Spinnlösungsstrahl aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung aus. Dadurch kann eine ruhige Führung des Spinnlösungsstrahls erreicht werden.

Im Folgenden wird mit Bezug auf die Fig. 4 das dritte Ausführungsbeispiel des erfundungsgemäßen Spinnkopfes 15 erläutert.

Dabei wird nur auf die Unterschiede zum zweiten Ausführungsbeispiel eingegangen. Für Bauteile des dritten Ausführungsbeispiels, die gleich denen des zweiten Ausführungsbeispiels sind und/oder eine gleiche Funktion aufweisen, werden dabei in Fig. 4 die gleichen Bezugszeichen wie 20 in Fig. 1 verwendet.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 4 unterscheidet sich vom zweiten Ausführungsbeispiel dadurch, dass der vom Gehäuse 66 gebildete Spalt 74 nicht ring- sondern spaltförmig ist. Das Gehäuse 66 kann einteilig ausgebildet sein, oder aber zwei senkrecht zur Mittenlinie M verschiebbliche Backen 104a, 104b aufweisen. Durch Verschieben der Backen in der in Fig. 4 gezeigten Pfeilrichtung kann die Breite des Spaltes 74 eingestellt werden.

30 Im Folgenden wird mit Bezug auf die Fig. 5 das vierte Ausführungsbeispiel des erfundungsgemäßen Spinnkopfes erläutert.

Dabei wird nur auf die Unterschiede zum zweiten Ausführungsbeispiel eingegangen. Für Bauteile des vierten Ausführungsbeispiels, die gleich denen des zweiten Ausführungsbeispiels sind und/oder eine gleiche Funktion aufweisen, werden dabei in Fig. 4 die gleichen Bezugszeichen wie 35 in Fig. 1 verwendet.

Beim Spinnkopf gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel 40 ist keine Heizkammer mehr vorgesehen. Eine Beheizung der Spinnkapillare findet nicht mehr über ein Heizfluid, sondern über einen elektrischen Heizmantel 110 statt, der Teil der Heizvorrichtung des Spinnkopfes ist.

Der Heizmantel 110 kann auch Teil eines Regelkreises 45 zur Temperaturregelung der Spinnkapillarwand sein, wie er oben beschrieben wurde.

Um eine genaue Steuerung des Temperaturprofils entlang der Länge der Spinnkapillare zu erreichen, kann der Heizmantel in mehrere unabhängig voneinander arbeitende 50 Heizmantelsegmente unterteilt sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verspinnen einer Spinnlösung aus einem Gemisch von Cellulose, Wasser und tertiärem Aminoxid, bei dem die Spinnlösung mindestens einem Spinnkopf zugeführt und im Spinnkopf durch mindestens eine Spinnkapillare geleitet wird, die an ihrem stromab gelegenen Ende mit einer Spinnlösungsaustrittsöffnung versehen ist, aus der die Spinnlösung aus dem Spinnkopf austritt, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand der Spinnkapillare (7) nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) zumindest abschnittsweise auf eine Temperatur beheizt wird, die größer als die Kerntemperatur der Spinnlösung in der Spinnkapillare ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand der Spinnkapillare durch eine Heiz-

vorrichtung (70, 72) direkt beheizt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandtemperatur der Spinnkapillare (7) durch eine Temperatursteuereinrichtung auf einen einstellbaren Wert geregelt wird.

4. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandtemperatur der Spinnkapillare (7) in Abhängigkeit vom Massendurchsatz der Spinnlösung durch die Spinnkapillare (7) geregelt wird.

5. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandtemperatur der Spinnkapillare (7) in Abhängigkeit vom Spindruck in der Spinnlösung, vorzugsweise vom Spindruck der Spinnlösung in der Spinnkapillare (7), geregelt wird.

6. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Beheizung der Spinnkapillarwand im Betrieb ein vorbestimmtes Temperaturprofil über den Strömungsquerschnitt der Spinnkapillare (7) eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Beheizung der Spinnkapillarwand im Betrieb ein vorbestimmtes Temperaturprofil der Spinnkapillarwand in Strömungsrichtung der Spinnlösung eingestellt wird.

8. Verfahren nach einem der oben genannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnkapillarwand durch ein Heizfluid beheizt wird, das die Wand der Spinnkapillare außen umspült.

9. Spinnkopf zum Verspinnen einer durch den Spinnkopf strömenden Spinnlösung aus einem Gemisch von Cellulose, Wasser und tertiärem Aminoxid, mit mindestens einer Spinnkapillare, die an ihrem stromab gelegenen Ende eine Spinnlösungsaustrittsöffnung aufweist, wobei die Spinnlösung durch die Spinnlösungsaustrittsöffnung aus dem Spinnkopf austritt, und mit einer temperaturgesteuerten Heizvorrichtung, die auf die Spinnlösung einwirkt, dadurch gekennzeichnet, dass im Betrieb des Spinnkopfes (8) die durch die Heizvorrichtung (70, 72) erzeugte Wandtemperatur der Spinnkapillare (7) in einem Bereich nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) größer als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist.

10. Spinnkopf nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass sich der durch die Heizvorrichtung (70, 72) beheizte Bereich der Spinnkapillarwand, dessen Temperatur höher als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist, im Wesentlichen bis an die Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) erstreckt.

11. Spinnkopf nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich der durch die Heizvorrichtung (70, 72) beheizte Bereich der Spinnkapillarwand, dessen Temperatur höher als die Kerntemperatur der Spinnlösung ist, im Wesentlichen über die gesamte Länge der Spinnkapillare (7) erstreckt.

12. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnkapillare (7) als Spinnkapillarrohr in Form einer im Wesentlichen dünnwandigen Röhre ausgebildet ist, und dass die Heizvorrichtung (70, 72) direkt auf den Wandbereich der Spinnkapillarröhre nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) einwirkt.

13. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinheit vorgesehen ist, die auf die Heizvorrichtung (70, 72) einwirkt und durch welche die Temperatur des direkt beheizten Wandbereichs der Spinnkapillarröhre (7) zumindest

abschnittsweise regelbar ist.

14. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizvorrichtung (70, 72) ein Heizfluid umfasst, das die Spinnkapillarröhre (7) zumindest abschnittsweise umgibt.

15. Spinnkopf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizfluid der Heizvorrichtung (70, 72) die Spinnkapillarröhre (7) zumindest abschnittsweise umspült.

16. Spinnkopf nach einem Ansprache 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) der Spinnkapillarröhre (7) zumindest abschnittsweise von einer Spaltöffnung (74) umgeben ist, aus der im Betrieb ein Transportfluid im Wesentlichen in Richtung der aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) austretenden Spinnlösung strömt.

17. Spinnkopf nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit des im Betrieb aus der Spaltöffnung (74) austretenden Transportfluids im Wesentlichen zumindest der Geschwindigkeit der aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) austretenden Spinnlösung entspricht.

18. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnkapillarröhre (7) nahe der Spinnlösungsaustrittsöffnung von einer Heizfluid enthaltenden Heizkammer (70, 72) umgeben ist.

19. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizkammer (72) mit der Spaltöffnung (74) verbunden ist.

20. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Heizfluid als Transportfluid dient und von der Heizkammer (72) durch die Spaltöffnung (74) geleitet ist.

21. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass sich zwischen der Heizkammer (70) und der Spaltöffnung (74) ein Ringraum (102) erstreckt, der die Kapillarröhre (7) außen im Wesentlichen über ihre gesamte Länge umgibt.

22. Spinnkopf nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringraum (102) einen im Wesentlichen ovalen Querschnitt aufweist.

23. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Spinnkapillare (7) das 20-fache bis 150-fache ihres Durchmessers beträgt.

24. Spinnkopf nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge die von der Spinnlösung durchströmte Länge und/oder der Durchmesser der Innendurchmesser der Spinnkapillare (7) ist.

25. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Austrittsquerschnitt (94) kreisförmig ist.

26. Spinnkopf nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass der Austrittsquerschnitt (94) einen Durchmesser von weniger als 500 µm, vorzugsweise weniger als 250 µm aufweist.

27. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke der Spinnkapillarröhre (7) weniger als 200 µm, vorzugsweise weniger als 150 µm beträgt.

28. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer (70, 72) mindestens 100°C, vorzugsweise um 150°C, beträgt.

29. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer (70, 72) 50°C bis 150°C beträgt.

30. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer (70, 72) 80°C bis 150°C beträgt. 5

31. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer (70, 72) 100°C bis 150°C beträgt. 10

32. Spinnkopf nach einem Ansprache 9 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Heizfluids in der Heizkammer (70, 72) 50°C bis 180°C beträgt. 15

33. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Temperatursensor zur Erfassung der Kapillarwandtemperatur und/ oder der Spinnlösungstemperatur im Kapillarwandbereich vorgesehen ist, durch den die Kapillarwandtemperatur in Form eines elektrischen Signals an die Steuervorrichtung ausgebbar ist. 15

34. Spinnkopf nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatursensor als elektrisches Widerstandselement ausgebildet ist. 20

35. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Temperatursensor zur Erfassung der Temperatur des Heizfluids 25 vorgesehen ist, durch den die Temperatur des Heizfluids in Form eines elektrischen Signals an die Steuervorrichtung ausgebbar ist.

36. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Spalt (74) durch ein 30 quer zur Längsachse der Spinnkapillare zumindest abschnittsweise bewegliches Gehäuse (100; 104a, 104b) gebildet und der Strömungsquerschnitt des Spaltes (74) veränderbar ist.

37. Spinnkopf nach einem der Ansprüche 9 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnkapillare von mindestens einem elektrischen Heizelement umgeben ist. 35

38. Spinnanlage mit einem Druckausgleichsbehälter, der eine Spinnlösung aus Cellulose, Wasser und einem 40 tertiären Aminoxid sowie einen oder mehrere Stabilisatoren enthält, mit einem Spinnkopf oder mehreren Spinnköpfen, durch den oder durch welche die Spinnlösung zu Formköpfen verspinnbar ist, und mit einer Spinnlösungsleitung, durch welche die Spinnlösung 45 vom Druckausgleichsbehälter zu dem Spinnkopf oder den Spinnköpfen geleitet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Spinnkopf (8) nach einem der Ansprüche 9 bis 37 ausgebildet ist und/oder dass die Spinnanlage (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einer der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist. 50

39. Spinnanlage nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnanlage nach dem Spinnkopf (8) oder den Spinnköpfen (8) einen Luftspalt (10) aufweist, in den die Spinnlösung nach dem Austritt aus der Spinnlösungsaustrittsöffnung (94) strömt und in dem sie verzogen wird. 55

40. Spinnanlage nach Anspruch 38 oder 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Spinnanlage (1) stromab des Luftspaltes (10) ein Fällbad (11) aufweist, in das die vom Spinnkopf (8) herausströmende Spinnlösung nach Durchquerung des Luftspaltes und Verzuges zu Formkörper (10) eintaucht. 60

41. Spinnanlage nach einem der Ansprüche 38 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass eine Abzugsvorrichtung 65 (12) vorgesehen ist, durch welche die Spinnlösung als gefällter Faden oder Formkörper aus dem Fällbad abziehbar ist.

42. Produkt, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Endprodukt ein Filament ist. 5

43. Produkt, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Endprodukt eine Stapelfaser ist. 10

44. Produkt, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Endprodukt ein Spinnvlies ist. 15

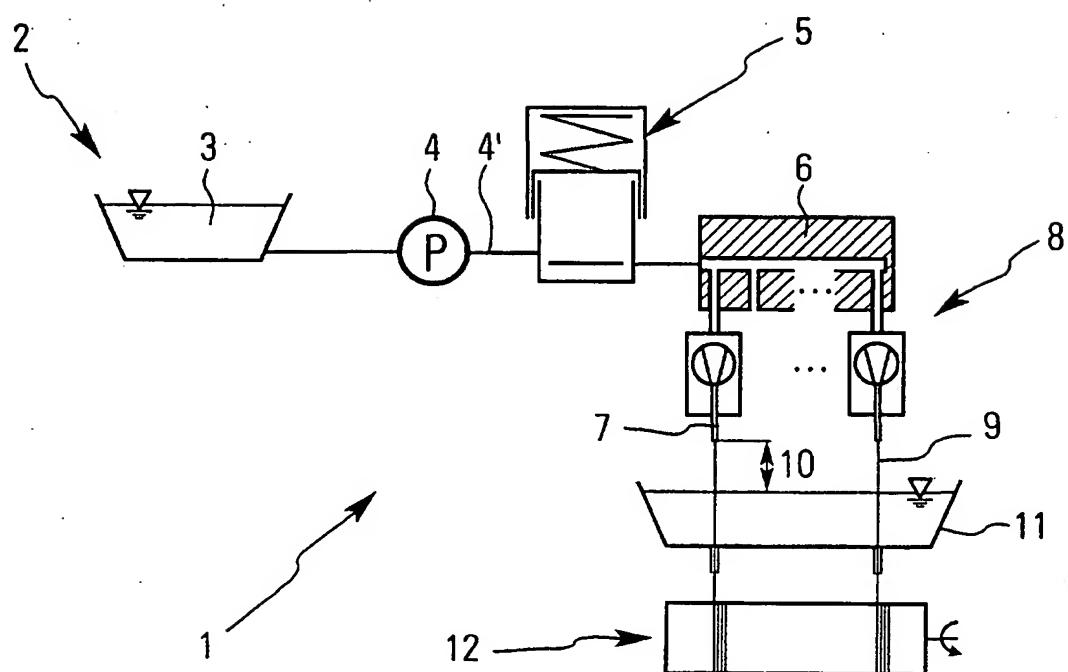
45. Produkt, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei das Endprodukt eine Folie ist. 20

---

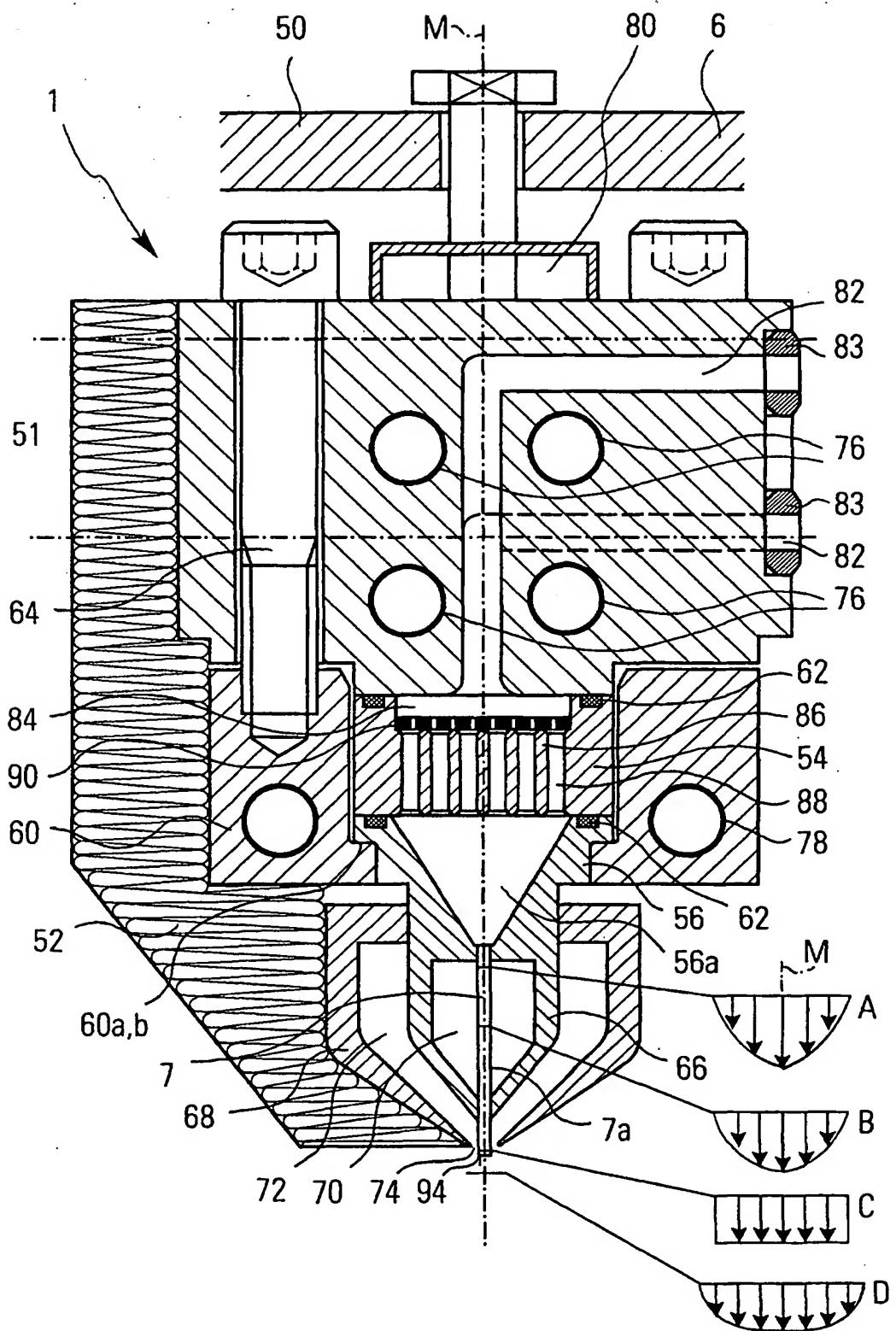
Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

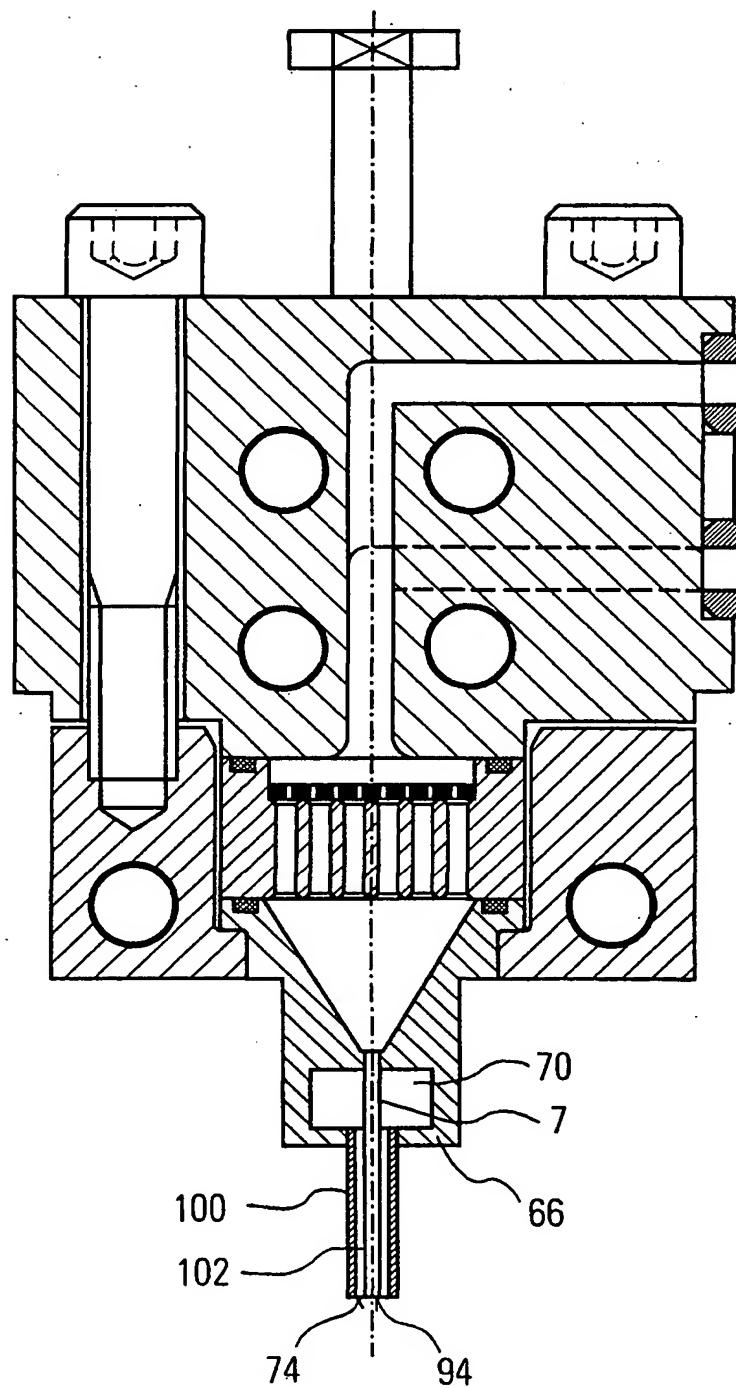
# FIG.1



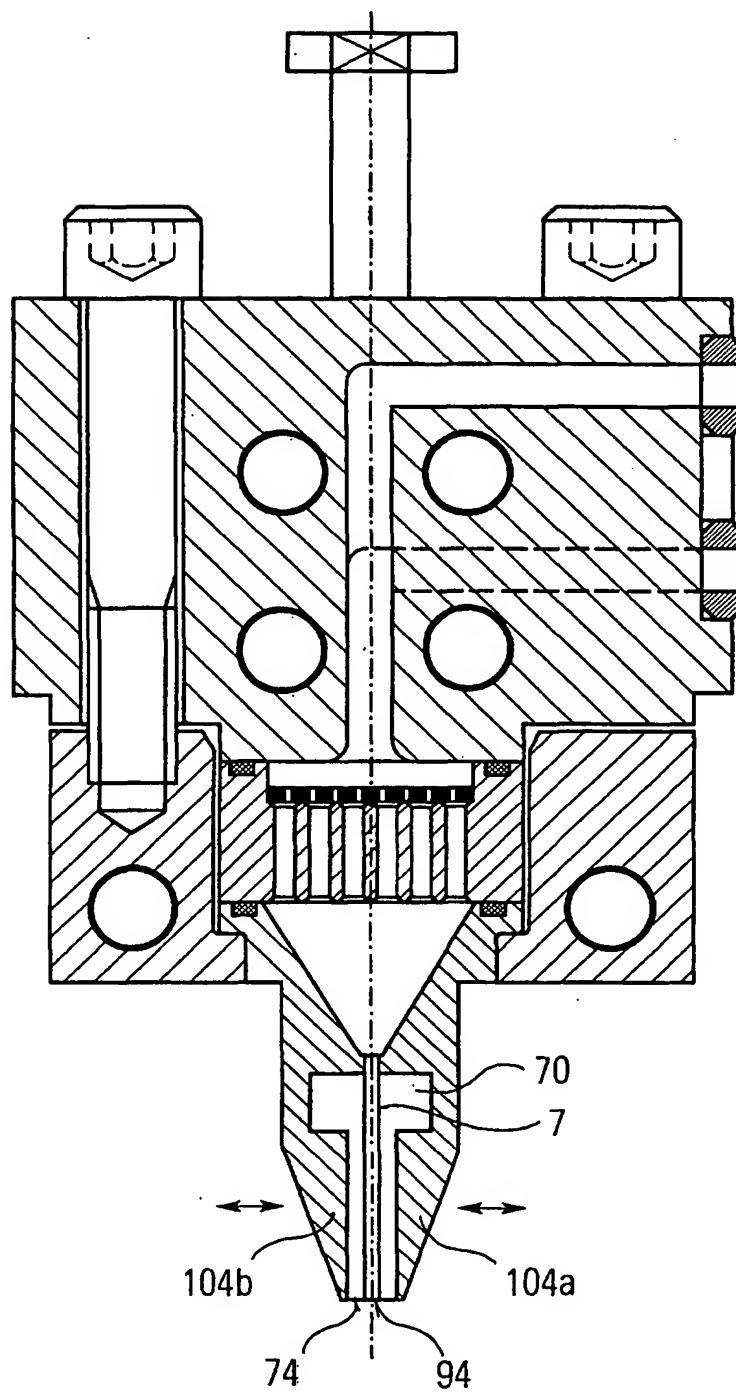
**FIG.2**



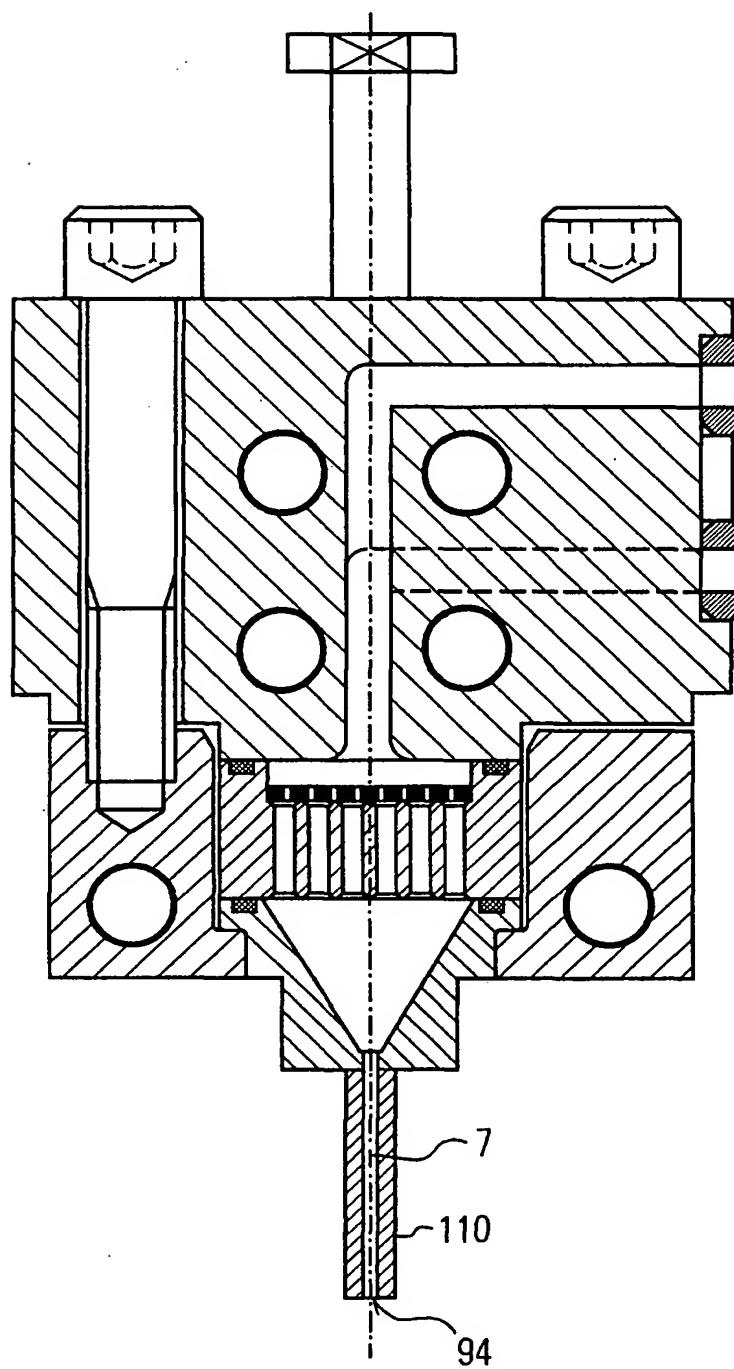
**FIG.3**



**FIG.4**



## FIG. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**